

SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

Patent Number: JP2001068732
Publication date: 2001-03-16
Inventor(s): KURAHASHI TAKANAO;; HOSOBANE HIROYUKI;; NAKATSU HIROSHI;;
MURAKAMI TETSURO
Applicant(s): SHARP CORP
Requested Patent: ☐ JP2001068732
Application
Number: JP19990236619 19990824
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L33/00; H01S5/183
EC Classification:
Equivalents: ☐ SE0002543, TW469653

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a resonant cavity type LED, which has an excellent moisture resistance and does not exhibit light-output saturation even though a current is injected to several tens of mA, with high mass productivity.

SOLUTION: This is a semiconductor light-emitting element of a structure, wherein a resonator is formed of one group of multilayer reflective films 3 and 7 formed at a constant interval on a GaAs substrate 1 with the main surface slanted at an angle higher than 2 deg. from the face (100) to the orientation [011] and a luminous layer 5 is formed at the position of the loop of a standing wave in this resonator, and in the element, the film 3, which is formed on the side of the substrate 1, on one side of the films 3 and 7 is formed of a plurality of $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$) layers and the other film 7 is formed of a plurality of $\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{In}_{1-y-z}\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1$ and $0 \leq z \leq 1$) layers. The moisture resistance of the element is enhanced and at the same time, the element can obtain a high reflectivity by increasing the number of the reflective films.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (JP)

(11) 特殊出題公開番号

特開2001-68732

(P2001-68732A)

(43)公園日 平成13年3月18日(2001.3.16)

識別番号	PI	5F001' (参考)
H01L 33/00	H01L 33/00	B 5F041
H01S 5/183	H01S 5/183	5F073

等価請求 未請求 請求項の数10 OL (全11頁)

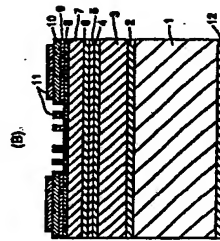
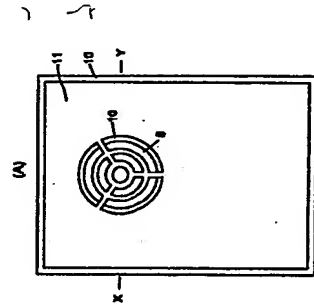
(21) 出席番号	特選平11-23619	(71) 出席人	00005049	シヤープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号	シ
(22) 出席日	平成11年8月24日(1999.8.24)	(72) 発明者	倉橋 孝典 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号	シヤープ株式会社内 細羽 弘之	シ
		(74) 代理人	10007843 弁理士 高野 明近 (以下2名)		

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【要約】

【課題】 耐湿性に優れ、最大10mAまで電流を注入し、
ても光出力飽和がないレゾナントキヤビティ (Resonant
Cavity) 型LEDを量産性よく提供する。

【解決手段】 主面が(100)面から〔011〕方向に対して 2° 以上傾斜した $GaAs$ 基板1上に一定の間隔をもつ一組の多層反反射膜3、7で共振器が形成され、その共振器内の定在波の腹の位置に発光層5を有する半導体材料素子において、 $GaAs$ 基板側の一方の多層反反射膜3が複散層の $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$)で形成され、他方の多層反反射膜7が複散層の $Al_yGa_{1-y}As$ ($0 \leq y \leq 1$)で形成される。兩膜3、7 ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$)と形成される。兩膜3、7の屈折率が向上するとともに、反反射膜の数を多くすることにより、高反反射率を得ることができる。



(2)

【特許請求の範囲】

【特許事項1】 $GaAs$ 基板上に一定の間隔を持つ一組の多層反膜層で共振器が形成され、この共振器内の定在光の波の位置に発光層を有する半導体発光素子において、前記発光層に対して前記 $GaAs$ 基基側の多層反膜層が被覆層の $Al_xGa_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$) によって形成され、前記発光層に対して前記 $GaAs$ 基と反対側の多層反膜層が被覆層の $Al_{1-y}Ga_yAs$ ($0 \leq y \leq 1$) によって形成されることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 前記発光層が、単層あるいは複数層からなる $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_y\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) によって形成されることを特徴とする請求項1に記載の半導体発光素子。

【請求項3】 前記発光層よりも上に結晶層あるいは前記GaN基板と同一導電型の層による電流拡散構造を有することを特徴とする請求項1または2に記載の半導体発光素子。

【請求項4】 前配電は炭素構造を形成する層がAl_xGa_{1-x}As (0 ≤ x ≤ 1) によって形成されることを特徴とする請求項3に記載の半導体発光素子。

【請求項5】 前記電流集中構造を形成する層が $Al_{1-x}In_xIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) によって形成されることを特徴とする請求項3記載の半導体発光子。

【請求項6】 前記電流拡散構造を形成する層よりも上電流を拡散させる層を形成することを特徴とする請求3乃至5のいずれかに記載の半導体発光素子。

請求項7] 前記電流を拡散させる層が $\text{Al}_2\text{Ga}_{1-x}$ 、 x ($0 \leq x \leq 1$) によって形成されることを特徴とする。

【請求項8】 前配電流を拡散させる層が $Al_{1-y}Ga_yI_{1-y-z}P$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) によって形成されることを特徴とする請求項6に記載の半導体発光素子。

請求項9] 前記電流を拡散させる層が、発光光に対して50%以上の透過率の透光性電極によって形成され、とを特徴とする請求項6に記載の半導体発光素子。

請求項10】前記GaAs基板表面が(100)面から[011]方向あるいは[0-1-1]方向に対して2°以上傾斜していることを特徴とする請求項1乃至のいずれかに記載の半導体発光素子。

発明の詳細な説明】

00011

発明の属する技術分野】本発明は、広帯域及び表示用に用いられる半導体発光素子に関し、さらに詳しくは、断層性に優れ、数10mAまで電流を注入しても光力飽和がないレゾナントキャビティ型LEDに関する。

0002]

•

【発光の技術】近年、光通信や半導体発光素子情報表示パネル等に半導体発光素子が広く用いられている。これらの半導体発光素子は発光効率が低いこと、光通信用の半導体発光素子においては、さらに応答速度が高速であることが重要であり近年開発が盛んに行われている。通常の面発光型のLEDは高速応答性が十分とはいえず、 $400\text{Mpps} \sim 200\text{Mpps}$ 程度の限界である。そこで、レゾナントキャビティ (Resonant Cavity) 型LEDと呼ばれる半導体発光素子が開発されている。この

ペンザンバントキヤビディ型LEDは、2つのミラーで形成された共振腔において発生する定在波の位置が発光位置と一致するようにすることにより自然発光を創し、高効率な発光と高効率を実現する半導体発光素子であり、先づ技術として特開平3-229480号公報、米国特許第5262653号明細書等が知られている。特に最近、比較的に短い距離の通信にPMMAのプラスチック材料を基材としたフッ化ポリブテン(PF)が利用されるような高効率な発光が可能となるAlGaInP系の高効率材料と発光層とするレゾナントキヤビディ型LEDが開発されている(IEEE PHOTONICSTECHNOLOGY LETTERS Vol.10 No.12 December 1988 High-Brightness Visible Resonant Cavity Light Emitting Diode)。

[0003]

本発明が解決しようとする課題】ところが、従来のレンズ型ポイントキャビティ型LEDは共振器を形成するサリニド InGaAs 系の材料の多層反射膜を用いたため、LED表面近傍に AlAs あるいは AlGaAs が1に AlGaAs の層があり、耐湿性に問題があった。また、表面に入射した電流は $1\mu\text{m}$ 程度の厚さのD-R (Distributed Bragg Reflector) で放射数で電流放射数が十分でない。数 10mA まで電流を入射すると光出力が飽和するという問題があった。これを補うために表面電極を数 μm の棒状あるいはメッシュ状の電極とすることが実施されているが、これで電極切れの問題があり量産性はあまりよくなかった。そこで、本発明の目的は、上述問題を解決するために、耐湿性に優れ、数 10mA まで電流を注しても光出力飽和がないリソニックポイントキャビティ型LEDを量産性よく提供することにある。

[0005]

問題を解決するための手段として、上記目的を達成するため請求項1の半導体発光素子は、 $GaAs$ 基板上に一定の間隔を有つて一組の多層反反射膜及び光導波が形成され、この光導波器内の定在波の位置と光導波を有する半導体発光素子において、前記光導波に対して前記 $GaAs$ A_0 基板上の多層反反射膜が誘電率の $Al_1Ga_{1-x}As$ ($0 \leq x < 1$) によって形成され、前記光導波に対して前記 $GaAs$ A_0 基板と反対側の多層反反射膜が誘電率の $Al_1Ga_{1-x}As$ A_1

3
 $n_1 \text{---} \text{P} \ (0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1)$ によって形成されることを特徴としている。請求項1の半導体発光素子では、発光層に対して GaAs 基板側の多層反反射膜が $1_1 \text{Ga}_{1-y}\text{As}$ $(0 \leq z \leq 1)$ で形成されているので、 GaAs 基板との熱膨張係数の差が小さいため、結晶成長時と結晶成長後の温度差による転移が発生しにくい。このことにより、反射層の数を多くする、発光層に対し高反射率を得ることができ、また、発光層に対して GaAs 基板と反対側の多層反反射膜が $1_1 \text{Ga}_{1-y}\text{P} \ (0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1)$ で形成されているので、 GaAs 基板に格子整合する場合に最も多く $\text{Al}_1 \text{Ga}_{1-y}\text{As}$ を含む場合でも25%組成であり、 $\text{Al}_1 \text{Ga}_{1-y}\text{As}$ $(0 \leq z \leq 1)$ の場合の50%の $1/2$ である。これにより、耐湿性を大きく向上させることができる。 $\text{Al}_1 \text{Ga}_{1-y}\text{P} \ (0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1)$ 多層反反射膜の場合、周波数が20〜30ペバを超える GaAs 基板との熱膨張率差により転移が発生しやすくなるが、レゾナントキャビティ型LEDの場合、 GaAs 基板と反対側の多層反反射膜は、 GaAs 基板側の多層反反射膜ほど高反射率が要求されないで、通常2.0ペバを超える周波数は必要なく、転移発生の問題は発生なくともよい。

[0006] また、請求項2の半導体発光素子は、図4の項1に記載の半導体発光素子において、前記発光層が、単層あるいは複層からなる $Al_1Ga_{2-1}In_{1-y}P$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) であることを特徴とする。

請求項2の半導体発光素子では、発光層が $Al_1Ga_{2-1}In_{1-y}P$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) であるので、50nm〜680nmの範囲で発光する半導体発光素子を得ることができ、

【0007】また、請求項3の半導体発光素子は、請求項1、2に記載の半導体発光素子において、前記発光層よりも上に絶縁層あるいは前記GaAs基板と同一導電率の層による電流拡散層を有することを特徴とする。請求項3の半導体発光素子では、発光層よりも上に絶縁層あるいはGaAs基板と同一導電率の層による電流拡散層を有しているため、電流密度を高くすることができる。また、高い内部量子効率を実現することができる。また、発光層上部にボンディングパッド用の電極がないため、外部出力効率を高くすることができる。また、発光部を小さくすることができるので、光通信に用いる場合に光ファイバーとの結合効率を高くすることができる。【0008】また、請求項4の半導体発光素子は、請求項3に記載の半導体発光素子において、前記電流拡散層を形成する層がAl_{1-x}Ga_xI_{1-y}As_y ($0 \leq x \leq 1$) により形成されることを特徴とする。請求項4の半導体発光素子では、この結晶成長でGaAs基板に格子整合する電流拡散層を形成することができる。

【0009】また、前項5の半導体元素光素子において、前記電流変換率を形成する層が $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x, y$)

1. $0 \leq x \leq 1$ によって形成されることを意味する。諸元素が項5の半導体材料を構成成分とする。またAl, Ga, In 電流源Pを形成することである。また $0 \leq x \leq 1$ は550nm程度 λ まで、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$ は550nm程度 λ までの発光光に対して透明となり得るので、この発光光を有効に取り出すことができる。

[illegible]

【0011】また、請求項7の半導体発光素子において、前記電流を放電させる層が $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$) によって形成されることを特徴とする。請求項7の半導体発光素子は、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$) は適宜性として考慮して590 nm程度までの発光波長とすることができ、このため、請求項7の半導体発光素子の発光色は赤から青の範囲に調整可能である。

【0012】また、請求項7の半導体発光素子は、請求項6に記載の半導体発光素子において、前記電流を流させる層が $\text{Al}_y\text{Ga}_{2-1-y}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) によって形成されることを特徴とする。請求項8の半導体発光素子では、 $\text{Al}_1\text{Ga}_{2-1}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$) は550nm程度までの発光光長に於いて透明となり得るのでこの発光光長を有効に取り出すことが出来る。

【0013】また、請求項9の半導体発光素子は、請求項6に記載の半導体発光素子において、前記電流を拡散させる層が発光光に対して50%以上の透過率の透光性電極によって形成されることを特徴とする。請求項9の半導体発光素子では、電流を拡散させる層を発光光に対して50%以上の透過率の透光性電極によって形成している。半導体材料で電流を拡散させる層を形成した場合は、より低い動作電圧を実現することが可能である。

【0014】また、請求項10の半導体発光素子は、請求項1乃至9のいずれかに記載の半導体発光素子において、前記GaAs基板表面が(100)面から[011]方向あるいは[0-1-1]方向に対して2°以上傾斜していることを特徴とする。請求項10の半導体発光素子では、GaAs基板が(100)面から[011]方向あるいは[0-1-1]方向に対して2°以上傾斜しているのは、発光層に対してGaAs基板と反対側に形成される $Al_{1-x}Ga_xIn_{1-y}P_z$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$)多層反材層が傾面になりやすい、高い反射率が少ない多層反材層の層数で得られる。

【0015】

～12に示す実施例に基づいて説明する。

(実例1) 図1 (A) は、本実施例1で得られる半導体発光素子の断面図であり、図1 (B) は図1 (A) のX-Yでの断面図である。図2は、本実施例1の半導体発光素子の製造工程途中の断面図である。図3 (A) は、本実施例1の半導体発光素子の製造工程途中の断面図であり、図3 (B) は、図3 (A) のX-Yでの断面図であり、図3 (C) は、図3 (A) のX-Yでの断面図である。この半導体発光素子はAlGaInP系のものである。図2に示すように(100)面から[011]方向あるいは[0-1-1]方向に2°だけ傾斜したn型のGaAs基板1上に、n型のGaAsバッファ層2 (厚さ1μm)、n型のAlAsとn型のAl_{0.5}Ga_{0.5}AsのDBR3 (厚さ30nm)、n型のAl_{0.7}Ga_{0.3}の51nm、0.5P第1クラッド層4、井戸層がGaInP、バリヤ層が(Al_{0.5}Ga_{0.5}) 0.51nm、0.5Pの量子井戸活性層5、p型の(Al_{0.7}Ga_{0.3}) 0.51nm、0.5Pとp型のAl_{0.5}In_{0.5}PのDBR7 (厚さ12nm)、p型の(Al_{0.2}Ga_{0.8}) 0.51nm、0.5P中間層8 (厚さ0.1μm)、p型のGaAs contacts層9 (厚さ1μm)をMOCVD法 (有機金属気相成長法: Metal Organic Chemical Vapor Deposition) により順次積層する。

【0016】ここで、n型のA1Asとn型のA_{1-0.5}Ga_{0.5}Asの層数30ペアのDBR3及びp型のA_{1-0.2}Ga_{0.8}0.5In_{0.5}Pとp型のA_{1-0.5}In_{0.5}Pの層数12ペアのDBR7は反射スペクトルの中心が650nmになるようにし、この2つのDBR3、7で形成される共振腔の共振波長を650nmになるように共振波長を調整する。本実施例1では共振器長は1.56μmとした。さらに発光層となる量子井戸活性層5の位置は共振腔中に生じる定在波の腹の位置にくるように、発光ピーク波長は650nmになるようにする。そして、図3(A)(B)に示すようにウエハ表面にCVD法によりSiO₂膜10を形成し、フォトリソグラフィ及び湿式HFによるエッチングにより70nmφの円形状の電極回路を形成する。

【0017】その後、図1 (A) (B) に示すようにp型のGaAsコンタクト層9及びSiO₂層10上にAu-Zn/Mo/Auをスパッタし、フォトリソグラフィによりパターンニングにより表面電極を形成する。通常、表面電極11と発光層12の間には1~3 μmの厚さの層しかなく、この層中では電流はあまり拡散しないが、電極形状を図1 (A) のように幅数μmのリング形状にすることによって発光部にならずに電流を注入することになり、電極面上に流れ込む外部に取り出すことのできない発光を抑制できる。そして、GaAs基板を約280 μmまで研磨し、この研磨した面にAuGe/Auを蒸着し、熱処理することによりn型電極12を形成す

【0018】このようにして られた半導体発光素子 1 は、発光層に対してGaAs 基板1 側の多層反反射膜 (3) は、AlGaAs 系の材料で形成されているの 全厚は約3 μm となっているが、GaAs 基板1 ととの熱膨張率差が小さいので、基板のそり、ダーラインコンタクト 発生が認められない。また、層数を30ペアとすることで、99% 以上の高反射率を実現している。また、量子 戸活性層5 からなる発光層に対してGaAs 基板1 ととの熱膨 対側の多層反反射膜 (DBR 7) は、AlGaInP 系材料で形成さ ているので、表面近傍の最も多くAlInGa 系を含む層がAl0.5In0.5P であり、耐湿性は問題にならな ない。この多層反反射膜のピーク反射率は約70% であるが、 レゾナントキャビティ (Resonant Cavity) 構造ではないのであ には十分な反射率が得られている。この半導体発光素子 1 の 度80℃、湿度85% 中で50mA の通電試験を実施 したところ、1000 時間経過後で初期光出力の90% の 光出力であった。また、SiO₂ 膜10 による電流型変調 導層構造が形成されており、内部量子効率、外部放射効 ともに高く、初期光出力は20mA で1.6mW と、1.6mW と 1.6mW との間に十分な光出力が 得られる。また、

【0019】(実施例2) 図4 (A) は、本実施例2で得られる半導体発光素子の表面図であり、図4 (B) 図4 (A) のX-Yでの断面図である。図5は、本実施例2の半導体発光素子の製造工程途中の断面図である。図6は (A) は、本実施例2の半導体発光素子の製造工程途中の表面図であり、図6 (B) は図6 (A) のX-Yでの断面図である。この半導体発光素子はAlGaInP系のものであり、図5に示すように(100)面が[011]方向あるいは[0-1-1]方向に15°傾斜したn型のGaAs基板21上にn型のGaAsパリア層22 (厚さ1μm)、n型のAlAsとn型のAl_{0.5}Ga_{0.5}AsのDBR23 (周期30μm)、n型のAl_{0.7}Ga_{0.3}の0.51n0.5P第1クラッド層24、井戸層がGaInP、バリア層がAl_{0.5}Ga_{0.5}の0.51n0.5Pの量子井戸活性層25、p型のAl_{0.7}Ga_{0.3}の0.51n0.5P第2クラッド層26、p型のAl_{0.2}Ga_{0.8}の0.51n0.5Pとp型のAl_{0.5}の0.51n0.5Pの1.2μmのDBR27、p型のAl_{0.2}Ga_{0.8}の0.51n0.5Pエッチングストップ層28 (厚さ0.5μm)、n型のGaAs電流封止層29 (厚さ0.3μm)、n型のAl_{0.3}Ga_{0.7}の0.51n0.5P保護層30 (厚さ0.1μm)、n型のGaAsキャップ層31 (厚さ0.01μm) をMOCVD法により順次積層する。

(5)

7
が実現できた。これらは $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 電流拡散層32により発光層に均一に電流を注入したことの効果である。

【0024】(実施例3) 図7(A)(B)は本実施例3で得られる半導体発光素子の製造工程途中の断面図であり、図7(B)は図7(A)のX-Yでの断面図である。図8は本実施例の半導体発光素子の製造工程途中の断面図である。図9(A)は本実施例の半導体発光素子の製造工程途中の断面図であり、図9(B)は図9(A)のX-Yでの断面図である。この半導体発光素子は AlGaIn 系のものであり、図8に示すように、(100)面から[011]方向あるいは[0-1-1]方向に 15° 傾斜したn型の GaAs 基板41上にn型の GaAs ベース層42(厚さ $1\mu\text{m}$)、n型の AlAs とn型の $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ のDBR43(層数70ペア)、n型の $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ のDBR43(層数70ペア)のクラッド層44、井戸層が $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 、ペリ層が $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の量子井戸活性層45、p型の $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第2クラッド層46、p型の $(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ とp型の $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ のDBR47(層数18ペア)の AlGaInP 中間層48(厚さ $0.15\mu\text{m}$)、p型の AlGaInP 第1電流拡散層49(厚さ $1\mu\text{m}$)、n型の AlGaInP 電流拡散層50(厚さ $0.3\mu\text{m}$)、n型の GaAs キャップ層51(厚さ $0.01\mu\text{m}$)をMOCVD法により順次積層する。

【0025】ここで、n型の AlAs とn型の $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ の層数70ペアのDBR43及びp型の $(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ とp型の $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ のDBR47は、反射スペクトル中心が 570nm になるようにする。また、この2つのDBR43、47で形成される共振器の共振長も 570nm になるように形成器長を調整する。本実施例3では共振器長を 1.5 波長分とした。さらに量子井戸活性層45の位置は共振器中に生じる定在波の位置にくるようにし、発光ピーク波長は 570nm になるようにする。

【0026】その後、図9(A)(B)に示すように、n型の AlGaInP 第2電流拡散層52(厚さ $7\mu\text{m}$)、n型の AlGaInP 電流拡散層50及びp型の $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ のDBR43(層数70ペア)のクラッド層44、井戸層が $(\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 、ペリ層が $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の量子井戸活性層45、p型の $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第2クラッド層46、p型の $(\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ とp型の $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ のDBR47(層数18ペア)の AlGaInP 中間層48(厚さ $0.15\mu\text{m}$)、p型の AlGaInP 第1電流拡散層49(厚さ $1\mu\text{m}$)、n型の AlGaInP 電流拡散層50(厚さ $0.3\mu\text{m}$)、n型の GaAs キャップ層51(厚さ $0.01\mu\text{m}$)をMOCVD法により順次積層する。

【0027】(実施例4) 図10(A)は、本実施例4で得られる半導体発光素子の製造工程途中の断面図であり、図10(B)は図10(A)のX-Yでの断面図である。図11は本実施例の半導体発光素子の製造工程途中の断面図であり、図12(B)は図12(A)のX-Yでの断面図である。この半導体発光素子は AlGaInP 系のものであり、図11に示すように、(100)面から[011]方向あるいは[0-1-1]方向に 15° 傾斜したn型の GaAs 基板61上にn型の GaAs ベース層62(厚さ $1\mu\text{m}$)、n型の $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ のDBR63(層数30ペア)、n型の $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第1クラッド層64、井戸層が GaInP 、ペリ層が $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ の量子井戸活性層65、p型の $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 第2クラッド層66、p型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ とp型の $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ のDBR67(層数12ペア)、p型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 中間層68(厚さ $0.1\mu\text{m}$)、p型の GaAs コンタクト層69(厚さ $0.05\mu\text{m}$)をMOCVD法により順次積層する。ここで、n型の AlAs とn型の $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ の層数30ペアのDBR63及びp型の $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ とp型の $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ のDBR67は、反射スペクトル中心が 550nm になるようにする。この2つのDBR63、67で形成される共振器の共振長も 550nm になるようにする。さらに量子井戸活性層65の位置は、共振器中に生じる定在波の位置にくるようにする。

【0028】その後、図12(A)(B)に示すように、ウェーハ表面にCVD法により SiO_2 膜70を形成し、フォトリソグラフィ及び湿式エッチングにより、フォトリソグラフィ及び湿式エッチングにより、表面電極を形成する。その

【0029】このようにして得られた半導体発光素子は、多層反射膜の構造は実施例2と同様であるが、20nmAでの動作電圧が実施例2の半導体発光素子の2.1mVであったのに対し、本実施例4の半導体発光素子の2.0mVの動作電圧は 1.9V と 0.2V の低減ができた。またp型の GaAs コンタクト層69、ITO膜72での650nmの光に対する透過率が約70%であるので光出力は20mA通電時に 1.5mW であった。温度80℃、湿度85%中の50mAの通電試験では1000時間経過後で初期光出力の90%の光出力であった。

【0030】

【0031】(実施例5) 以上明らかなように、請求項1の発明の半導体発光素子は、 GaAs 基板上に一定の間隔を持つ一組の多層反射膜で共振器が形成され、この共振器内に定在波の位置に発光層を有し、半導体基板に直に発光する半導体発光素子において、発光層に対して GaAs 基板側の多層反射膜が複屈折の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$)で形成され、発光層に対して GaAs 基板と反対側の多層反射膜が複屈折の $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$)で形成される。第1層P ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$)で形成される。発光層に対して GaAs 基板側の多層反射膜が $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$)で形成されているので、 GaAs 基板との熱膨張係数の差が小さいため、結晶成長時とにより、反射膜の数を多くすることにより、容易に高反射率を得ることができる。また、発光層に対して GaAs 基板と反対側の多層反射膜が $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$)で形成されているので、 GaAs 基板に格子整合する場合に最も多くAlを含む場合でも25%程度であり、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 1$)の場合の50%の1/2である。これにより、耐湿性に因って大きく向上させることができる。A $_{1-y}\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$)多層反射膜の場合、その層数が20~30ペアを超えたとGaAs基板との熱膨張係数により転移が発生しやすくなるが、レゾナトリー型LEDの場合GaAs基板と反対側の多層反射膜はGaAs基板側の多層反射膜ほど高反射率が要求されないため、通常20ペアを超える層数は必要なく、転移は発生しない。

(6)

10
グにより $70\mu\text{m}$ の円形状の電流経路を形成する。すなわち、 SiO_2 膜70が電流流 構造を形成する層となっている。その後、図10(A)(B)に示すように GaAs 基板61を約 $280\mu\text{m}$ まで研削し、この研削した面に AuGe/Au によりn型電極71を形成する。その後、p型の GaAs コンタクト層69及び SiO_2 膜70上にITO膜72により表面電極を形成する。すなわち、ITO膜72が電流を拡散させる層となっている。さらにその上に Ti/Au 73によりボンディングパッドを形成する。

【0029】このようにして得られた半導体発光素子は、多層反射膜の構造は実施例2と同様であるが、20mAでの動作電圧が実施例2の半導体発光素子の2.1mVであったのに対し、本実施例4の半導体発光素子の2.0mVの動作電圧は 1.9V と 0.2V の低減ができた。またp型の GaAs コンタクト層69、ITO膜72での650nmの光に対する透過率が約70%であるので光出力は20mA通電時に 1.5mW であった。温度80℃、湿度85%中の50mAの通電試験では1000時間経過後で初期光出力の90%の光出力であった。

【0030】

【0031】(実施例6) 以上明らかなように、請求項1の発明の半導体発光素子は、 GaAs 基板上に一定の間隔を持つ一組の多層反射膜で共振器が形成され、この共振器内に定在波の位置に発光層を有し、半導体基板に直に発光する半導体発光素子において、発光層に対して GaAs 基板側の多層反射膜が複屈折の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$)で形成され、発光層に対して GaAs 基板と反対側の多層反射膜が複屈折の $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$)で形成される。第1層P ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$)で形成される。発光層に対して GaAs 基板側の多層反射膜が $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$)で形成されているので、 GaAs 基板との熱膨張係数の差が小さいため、結晶成長時とにより、反射膜の数を多くすることにより、容易に高反射率を得ることができる。また、発光層に対して GaAs 基板と反対側の多層反射膜が $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$)で形成されているので、 GaAs 基板に格子整合する場合に最も多くAlを含む場合でも25%程度であり、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq 1$)の場合の50%の1/2である。これにより、耐湿性に因って大きく向上させることができる。A $_{1-y}\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x \leq 1$)多層反射膜の場合、その層数が20~30ペアを超えたとGaAs基板との熱膨張係数により転移が発生しやすくなるが、レゾナトリー型LEDの場合GaAs基板と反対側の多層反射膜はGaAs基板側の多層反射膜ほど高反射率が要求されないため、通常20ペアを超える層数は必要なく、転移は発生しない。

(7)

11

【0031】また、請求項2の発明の半導体発光素子は、請求項1に記載の半導体発光素子において、GaAs基板の上に一定の間隔を持つ一組の多層反射膜で形成される半導体内の定在波の位置に形成する発光層が、単層あるいは複数層からなる $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)であることにより、550nm〜680nm程度で発光する半導体発光素子を得ることができる。

【0032】また、請求項3の発明の半導体発光素子は、請求項1、2に記載の半導体発光素子において、発光層よりも上に絶縁層あるいはGaAs基板と同一導電型の層による電流拡散層を持つことにより、電流密度を高くすることができ、高い内部量子効率を実現することができ、また発光部にボンディングパッド用の電極がないため、外部反射効率を高くすることが可能となる。また、発光部を小さくすることができ、光透過用に用いる場合に光ファイバーとの結合効率も高くすることができる。

【0033】また、請求項4の発明の半導体発光素子は、請求項3に記載の半導体発光素子において、発光層よりも上に電流拡散層を形成するGaAs基板と同一導電型の層が $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$)であることにより、一連の結晶成長でGaAs基板に格子整合する電流拡散層を形成することができる。

【0034】また、請求項5の発明の半導体発光素子は、請求項3に記載の半導体発光素子において、発光層よりも上に電流拡散層を形成するGaAs基板と同一導電型の層が $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)であることにより、一連の結晶成長で電流拡散層を形成することができ、また $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)は550nm程度までの発光光に対して透明となり得るのでこの発光光を有効に取り出すことができる。

【0035】また、請求項6の発明の半導体発光素子は、請求項3に記載の半導体発光素子において、発光層よりも上に絶縁層あるいはGaAs基板と同一導電型の層による電流拡散層を形成し、この層よりも上に電流を拡散させる層を形成することにより、均一な発光を得ることができ、動作電圧を低減することができる。

【0036】また、請求項7の発明の半導体発光素子は、請求項6に記載の半導体発光素子において、発光層よりも上に絶縁層あるいはGaAs基板と同一導電型の層による電流拡散層を形成し、この層よりも上に形成する電流を拡散させる層が $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$)によって形成されることにより、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$)は耐湿性を考慮して590nm程度までの発光光に対して透明となり得るので、この発光光を有効に取り出すことができる。

【0037】また、請求項8の発明の半導体発光素子は、請求項6に記載の半導体発光素子において、発光層

12

よりも上に絶縁層あるいはGaAs基板と同一導電型の層による電流拡散層を形成し、この層よりも上に形成する電流を拡散させる層が $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)によって形成されることにより、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)は550nm程度までの発光光に対して透明となり得るので、この発光光を有効に取り出すことができる。

【0038】また、請求項9の発明の半導体発光素子は、請求項6に記載の半導体発光素子において、発光層よりも上に絶縁層あるいはGaAs基板と同一導電型の層による電流拡散層を形成し、この層よりも上に形成する電流を拡散させる層が $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$)によって形成されることにより、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$)は耐湿性を考慮して590nm程度までの発光光に対して透明となり得るので、この発光光を有効に取り出すことができる。

【0039】また、請求項10の発明の半導体発光素子は、請求項1乃至9に記載の半導体発光素子において、GaAs基板表面が(100)面から[011]方向あるいは[0-1-1]方向に対して2°以上傾斜していることにより、発光層に対してGaAs基板と反対側に形成される $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$)多層反射膜が傾面になりやすいので高い反射率が、少ない多層反射膜の層数で得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1 (A) 及び図1 (B) はそれぞれ、本発明の第1実施例による半導体発光素子の表面図及びそのX-Y断面図である。

【図2】図2の半導体発光素子の製造工程中の断面図である。

【図3】図3 (A) 及び図3 (B) はそれぞれ、図1の半導体発光素子の製造工程中の表面図及びそのX-Y断面図である。

【図4】図4 (A) 及び図4 (B) はそれぞれ、本発明の第2実施例による半導体発光素子の表面図及びそのX-Y断面図である。

【図5】図5の半導体発光素子の製造工程中の断面図である。

【図6】図6 (A) 及び図6 (B) はそれぞれ、図4の半導体発光素子の製造工程中の表面図及びそのX-Y断面図である。

【図7】図7 (A) 及び図7 (B) はそれぞれ、本発明の第3実施例による半導体発光素子の表面図及びそのX-Y断面図である。

【図8】図8の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図9】図9 (A) 及び図9 (B) はそれぞれ、図7の半導体発光素子の製造工程を示す表面図及びそのX-Y断面図である。

(8)

13

【図10】図10 (A) 及び図10 (B) はそれぞれ、本発明の第4実施例による半導体発光素子の表面図及びそのX-Y断面図である。

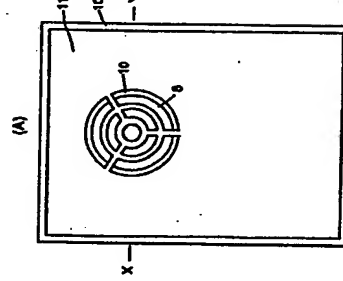
【図11】図10の半導体発光素子の製造工程を示す断面図である。

【図12】図12 (A) 及び図12 (B) はそれぞれ、図10の半導体発光素子の製造工程を示す表面図及びそのX-Y断面図である。

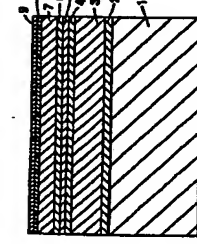
【符号の説明】

1, 21, 41, 61...n-GaAs基板、2, 22, 42, 62...n-GaAsパッド層、3, 23, 43, 63...n-AlGaInP中間層、4, 24, 44, 64...n-(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}Pクラッド層、5, 25, 45, 65...量子井戸活性層、6, 26, 46, 66...p-(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}Pクラッド層、7, 27, 47, 67...p-AlGaInPホスト層、8, 68...p-(Al_{0.2}Ga_{0.8})_{0.5}In_{0.5}P中間層、9, 69...p-GaAsコンタクト層、10, 70...SiO₂膜、11, 33, 53...p型電極、12, 34, 54, 71...n型電極、28...p-(Al_{0.2}Ga_{0.8})_{0.5}In_{0.5}Pエッチングストップ層、29...n-GaAs電流拡散層、30...n-(Al_{0.3}Ga_{0.7})_{0.5}In_{0.5}P保護層、31...n-GaAs電流拡散層、32...p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As電流拡散層、48...p-AlGaInP中間層、49...p-AlGaInP第1電流拡散層、50...n-AlGaInP電流拡散層、51...n-GaAsキャップ層、52...p-AlGaInP第2電流拡散層、72...ITO膜。

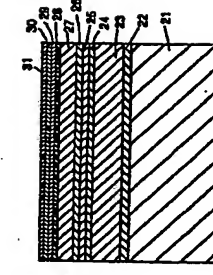
【図1】



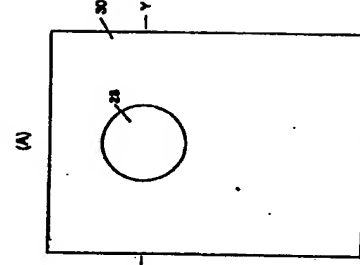
【図2】



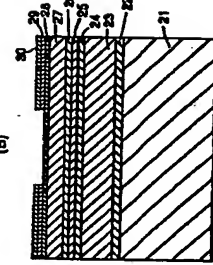
【図5】



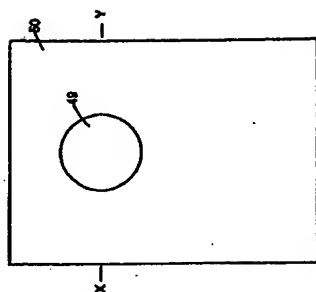
【図6】



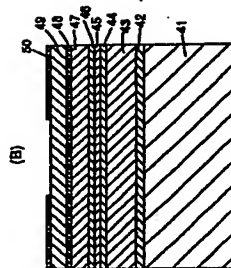
【図8】



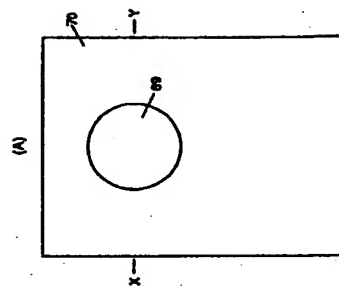
(2)



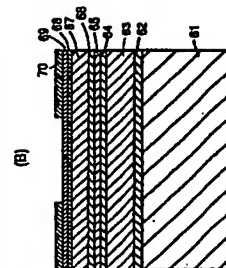
(B)



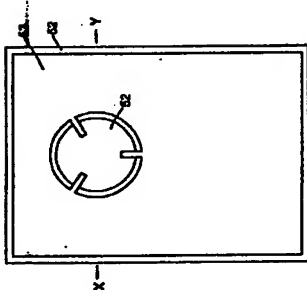
【12】



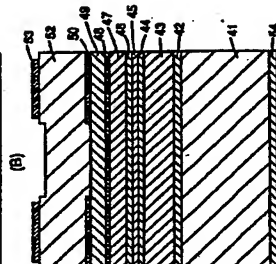
個



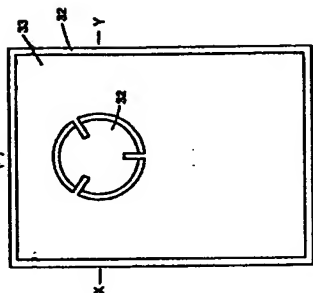
(A)



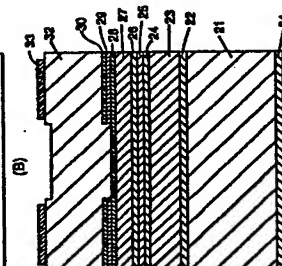
(b)



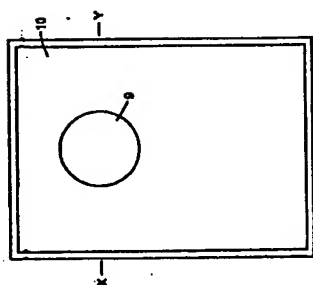
5



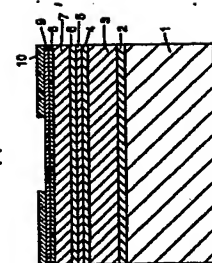
(8)



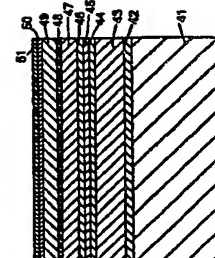
(1)



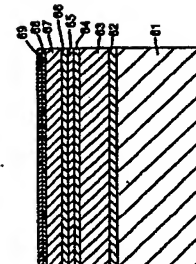
②



【8】

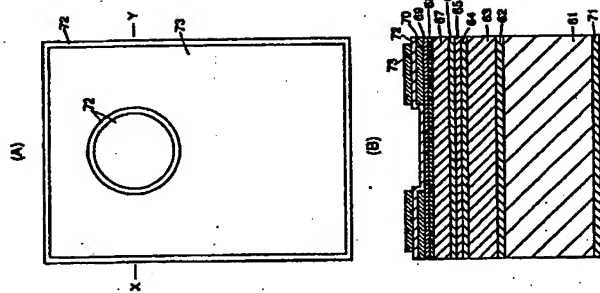


【图 11】



(11)

【圖10】



フロントページの抜き

(72) 堀明者	中津 弘志		F ター-A(参考)	SF041	BA02	A434	C404	CA05	CA12
	大阪府大阪市阿倍野区長地町2番22号	シ							
	ヤープ株式会社内								
(72) 堀明者	村上 哲朗								
	大阪府大阪市阿倍野区長地町2番22号	シ							
	ヤープ株式会社内								